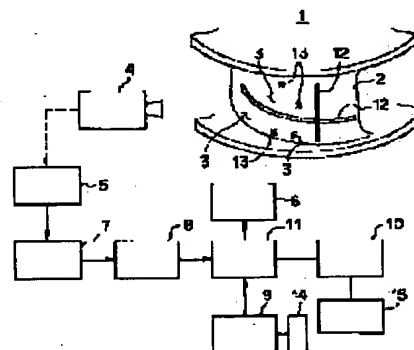


(11)Publication number : 06-118062  
(43)Date of publication of application : 28.04.1994

GOIN 27/84  
GOIN 21/91

(71)Applicant : TOSHIBA CORP  
(72)Inventor : UCHIDA KUNIHARU

**CONSTITUTION:** At the nondestructive inspection of a test body 1 having a curved inspection surface, a scale 12 showing a two-dimensional coordinate is arranged on the inspection surface of the test body 1. A visually confirmable defect indicating pattern 3 is formed on the inspection surface, and the scale 12 and the defect indicating pattern 3 are recorded as the same camera image together with photographing information such as photographing angle and distance. At defect judgment, the recorded image is regenerated to extract the defect indicating pattern 3 to be judged, and the position, dimension and distribution of the extracted defect indicating pattern 3 are provided as three-dimensional information by the operation based on the scale indicating value and the photographing information.



[Date of request for examination].

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

00/10/04 10:5

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-118062

(43)公開日 平成6年(1994)4月28日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 1 N 27/84

21/91

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

B 7055-2J

審査請求 未請求 請求項の数1(全 7 頁)

(21)出願番号

特願平4-265669

(22)出願日

平成4年(1992)10月5日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 内田 邦治

神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地

株式会社東芝京浜事業所内

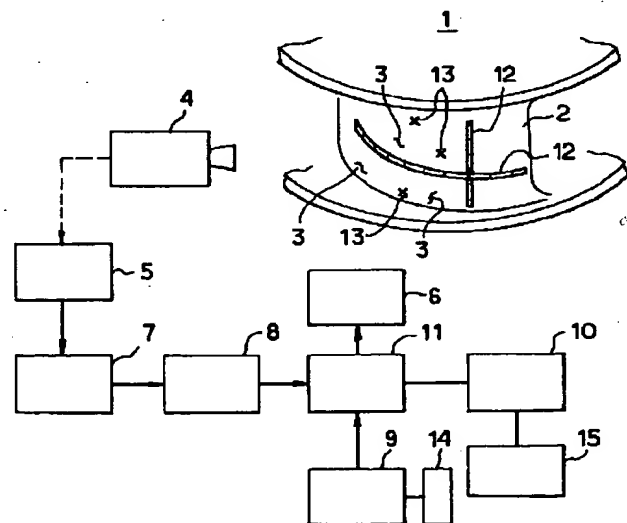
(74)代理人 弁理士 則近 憲佑

(54)【発明の名称】 非破壊検査用欠陥記録・再生方法

(57)【要約】

【目的】 非破壊試験用の検査面が曲面をなす試験体に対し、検査員が直接的に検査部位に立入って記録する必要なく、遠隔的操作により容易かつ高能率で確実に欠陥指示模様の記録および再生が行える非破壊検査用欠陥記録・再生方法を提供する

【構成】 検査面が曲面をなす試験体1の非破壊検査に際し、試験体1の検査面上に二次元座標を示すスケール12を配する。検査面上に目視可能な欠陥指示模様を3形成し、これらスケール12と欠陥指示模様3とを同一カメラ映像として撮影角度および距離等の撮影情報とともに収録しておく。欠陥判定の際には、収録した映像を再生して判定すべき欠陥指示模様を抽出するとともに、抽出した欠陥指示模様の位置、寸法および分布を、スケール指示値および前記撮影情報に基づく演算により、三次元情報として得る。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 検査面が曲面をなす試験体の非破壊検査に際し、前記試験体の検査面上に二次元座標を示すスケールを配するとともに、その検査面上に目視可能な欠陥指示模様を形成し、これらスケールと欠陥指示模様とを同一カメラ映像として撮影角度および距離等の撮影情報とともに収録しておき、欠陥判定の際には、収録した前記映像を再生して判定すべき欠陥指示模様を抽出するとともに、抽出した欠陥指示模様の位置、寸法および分布を、前記スケール指示値および前記撮影情報に基づく演算により、三次元情報として得ることを特徴とする非破壊検査用欠陥記録・再生方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、例えば水車ランナの羽根等を浸透探傷試験または磁粉探傷試験等により非破壊検査する場合に適用される非破壊検査用欠陥記録・再生方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来よく知られているように、水車発電機部品である水車ランナ等の探傷試験として、浸透探傷試験や磁粉探傷試験等の非破壊検査が行われている。これらの試験方法では、試験体の検査面に目視観察が可能な欠陥指示模様が形成され、この欠陥指示模様の位置、寸法および分布等に基づいて欠陥判定が行われる。

【0003】 従来このような水車ランナの羽根の欠陥検査に際しては、検査員が流水面に入り込み、検査面に形成された欠陥指示模様を目視観察して、予め定めた基準点または基準線からスケールを用いて曲面上の欠陥位置を求めるのが一般的であった。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、水車ランナの羽根表面は三次元的に振じれた曲面形状となっているため、欠陥指示模様に基づいて欠陥位置と寸法を記録するには多大の時間と労力を要する。特に、水車ランナが鋳鋼材で製作されている場合等には、欠陥指示模様が不規則に分布する傾向があり、さらに多くの時間や労力が必要となり、欠陥測定精度にもバラツキが生じ易い。

【0005】 また、水車ランナの流水面は狭隘部であるため、流水面内での測定作業は面倒であり、非破壊検査による欠陥指示模様を損うこともある。特に高落差の水車ランナにあっては作業空間がさらに狭くなり、検査員がランナ流水面に入り込むことさえ困難な場合がある。

【0006】 本発明はこのような事情に鑑みてなされたもので、非破壊試験用の検査面が曲面をなす試験体に対し、検査員が直接的に検査部位に立入って記録する必要なく、遠隔的操作により容易かつ高能率で確実に欠陥指示模様の記録および再生が行える非破壊検査用欠陥記録・再生方法を提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 上記の目的を達成するため、本発明に係る非破壊検査用欠陥記録・再生方法は、試験体の検査面上に二次元座標を示すスケールを配するとともに、その検査面上に目視可能な欠陥指示模様を形成し、これらスケールと欠陥指示模様とを同一カメラ映像として撮影角度および距離等の撮影情報とともに収録しておき、欠陥判定の際には、収録した前記映像を再生して判定すべき欠陥指示模様を抽出するとともに、抽出した欠陥指示模様の位置、寸法および分布を、前記スケール指示値および前記撮影情報に基づく演算により、三次元情報として得ることを特徴とする。

## 【0008】

【作用】 本発明によれば、カメラを試験体付近に配置しておくだけで、任意の操作位置で遠隔操作により欠陥指示模様の記録および再生等が行えるので、従来のように検査員が検査部位に入り込んで直接に指示模様の位置や寸法等を測定する必要がない。したがって、狭隘な検査空間でも余分な時間や労力を費やしたり、欠陥指示模様に触れて模様を損うようなこともなく、欠陥指示模様を適確、かつ見落としなく、また高精度に、短時間に記録・再生することができ、信頼性向上も図れるようになる。

【0009】 また、検査面が三次元的に振じれた曲面形状であっても、検査面上に配するスケールの指示値と、カメラ撮影角度および距離等の撮影情報とに基づく演算によって、欠陥指示模様を三次元的に変換するので、高精度の検査結果を得ることができる。

## 【0010】

【実施例】 以下、本発明の一実施例を図面を参照して説明する。なお、本実施例は試験体として水車ランナを対象とし、そのランナの羽根部または羽根付け根部に生じた浸透探傷試験法または磁粉探傷試験法等による欠陥指示模様の位置、寸法、分布等の記録・再生を行うものである。

【0011】 図1は本発明を実施するための装置構成を示している。図1において、試験体であるランナ1の羽根部2または羽根付け根部に、欠陥指示模様3が形成されている。この欠陥指示模様3を撮影するためのビデオカメラ4が備えられ、このカメラ3で撮影された画像は、ビデオテープレコーダ5で記録・再生可能となっている。

【0012】 ビデオテープレコーダ5で再生される欠陥画像は、テレビモニタ6で観察できるようになっている。そして、必要に応じて画像を固定してテレビ画面に表示させるためのフレームフリーズ7と、この静止画像を精度よく画像ブレの生じないようビデオ画像信号として送り出す位相調整器8と、この画像信号をテレビモニタ6上に固定したままテレビ画面上にライトペンを走査させるカーソル作成器9と、このカーソル作成器9で走査された部分を画像信号として形成し、前記静止画像と重ね合わせてテレビモニタ6上に表示するとともに、外部の

コンピュータ10へ画面上にライトペンで作成された画像データを送信出力する画像合成器11とが備えられている。

【0013】そして、図1に示すように、ビデオカメラ記録時には、ランナ表面にスケール12が上下左右方向に配置される。また、ランナ表面には、少くとも3点の基準となるマーカ点13が画面に写し込まれるようになっており、これにより欠陥指示模様の記録が取られる。

【0014】検査時においては、水車ランナ1の羽根部2に生じた欠陥指示模様3は、ビデオカメラ4で撮影され、ビデオテープレコーダ5で記録・再生され、所望の欠陥分布画像が抽出される。この抽出された画像は、テレビ画面6上のライトペン14による画像データ書き込み時のデータ取込みのバラツキを抑えるために、位相調整器8を介し、画像合成器11へ送信される。

【0015】また、上記のようにしてテレビ画面6上に表示された試験体の欠陥指示模様分布の上からライトペン14によって欠陥部位置を走査し、試験体表面に配置されたスケールの所定の長さ間隔を指示することによって、これらの結果がカーソル作成器9から画像合成器11に入力される。このようにして、ライトペン14によ

$$a_{11}x^2 + a_{22}y^2 + a_{33}z^2 + 2a_{23}yz + 2a_{31}zx + 2a_{12}xy + 2a_{14}x + 2a_{24}y + 2a_{34}z + a_{44} = 0$$

ここで、 $x, y, z$ は三次元の直交座標系であり、 $a_{ij}$ は定数である。さらに、ビデオテープレコーダの記録画像はテレビ画面上に二次元平面として表示されるため、

$$b_{11}x'^2 + b_{22}y'^2 + 2b_{12}x'y' + 2b_{13}x' + 2b_{23}y' + b_{33} = 0$$

【0020】ここで、ランナ羽根面をより単純化するために円筒側形状であると見做せば、曲面形状は下式となる。なお、 $x', y'$ は二次元直交座標系であり、 $b_{ij}$ は定数である。

【0021】

【数3】

$$x^2 + y^2 = R^2$$

すなわち、図2に示すようにランナ1の羽根面を円筒面16と見做し、ビデオカメラに収録される領域は半径Rの円筒面の一部であると考えられる。

【0022】したがって、テレビ画面上には $x-z$ 面への投影象が表示されるが、一般に、 $x-z$ 面内で画像を回転させた後、羽根面の傾きを補正することで、欠陥指示模様3の座標値を概略求めるものである。

【0023】以下には、上記に従った座標地の算出手順を示す。すなわち、欠陥指示模様3が記録される場合は一般に、羽根面に傾き、モデル化した円柱形状に対しても傾いた方向から収録される。

【0024】例えば図3(A)に示すように、バンド流

る走査結果は、抽出された画像データとともにテレビ画面上に表示されるが、このライトペンによる画像データだけが外部のコンピュータ10に送信出力される。このコンピュータ10に入力された画像データはコンピュータ10に入力され、コンピュータ10に付属するディスプレイ15に表示される。

【0016】また、コンピュータ10は画像データとして入力された画面上の寸法とコンピュータ端末等から入力される。この画面上の寸法の実寸法長さの値から画像データを実長に換算し、実長でのディスプレイ表示も行う。ここで、一般に三次元画面を二次元画面に試験体の曲面に沿った座標系を用いて画像展開するために、本実施例では以下の手法を使用している。

【0017】すなわち、水車ランナ羽根形状は一般に三次元形状を有しており、部分的には二次曲面形状であると考えられる。すなわち、ビデオテープレコーダ5の記録視野内に含まれる検査面の形状は、二次曲面で表現できると考えれば、これらの形状は下式によって表現される。

【0018】

【数1】

画面上では下式で三次元形状が表わされる。

【0019】

【数2】

水面に対し角度 $\alpha$ だけ傾き、また羽根部視野範囲を半径Rの円柱で模擬した場合に円柱中心にカメラ中心が一致せず、さらにランナ中心軸を含む面に傾いて録画されたときは、図3(B)の収録画面例のように記録される。

【0025】すなわち、収録された画面は実座標系 $x, y, z$ に対し、座標変換された図3(B)中の $z'-x'$ 座標系で表わされ、さらに、画面固有の座標系 $z-x$ で位置寸法が測定されることとなる。このため、本実施例では羽根円筒軸への傾き角 $\alpha$ の補正と、曲面録画に対する補正とを実施するものである。

【0026】第1に傾き角 $\alpha$ の補正は以下による。なお、収録画面上での $z'-x'$ 座標系と $z-x$ 座標系は座標軸方向が一致するよう座標回転させ、画面の $z$ 軸は羽根円筒面の $z'$ 軸と方向を一致させた上で下記の処理が実施される。すなわち、図4を参照に画面上で長さ $h$ と計測された場合、実長 $a$ は下式となる。但し、画面上に写し込まれたスケールで $h1$ と計測された値は実長で $a1$ の長さを有することを既知としている。

【0027】

【数4】

$$a = b \cdot h / \left\{ b \sin \left( \frac{\pi}{2} - \alpha \right) \pm h \cos \left( \frac{\pi}{2} - \alpha \right) \right\}$$

ここでbは図4に示すようにカメラ位置Sから試験体測定部までの距離である。また特別な例として、ここでは  $h_1 = h_2$  としている。

【0028】上式からbおよび $\alpha$ を知れば、画面上の高さhからの実長aの換算が可能であるが、画面上の数値

$h_1$  と  $a_1$  および  $h_2$  ,  $a_2$  とは既知であることから、下式によって $\alpha$ とbを求めることができる。

【0029】

【数5】

$$\begin{aligned} & \sqrt{h_1^2 + a_1^2 - 2 h_1 a_1 \cos \alpha} + \sqrt{h_2^2 + a_2^2 - 2 h_2 a_2 \cos \alpha} \\ &= \sqrt{a_1^2 + a_2^2 - 2 a_1 a_2 \cos 2\alpha} \end{aligned}$$

$$b = h_1 a_1 \cos \left( \frac{\pi}{2} - \alpha \right) / \left( a_1 \sin \left( \frac{\pi}{2} - \alpha \right) - h_1 \right)$$

次に、円筒曲面については図5に従い、以下のような計算式が成立する。

【0030】

【数6】

$$b : h = b + R (\cos \theta_0 - \cos \theta_1) : R (\sin \theta_1 - \sin \theta_0)$$

$$\text{実 長 } \ell = R (\theta_0 - \theta_1)$$

$$\text{ここで、 } \ell_1 = R (\theta_1 - \theta_0)$$

$$h \cdot (b + R (\cos \theta_0 - \cos \theta_1)) = b \cdot R (\sin \theta_1 - \sin \theta_0)$$

を変形すれば、

$$\sin \frac{\theta_1 - \theta_0}{2} = \sin \frac{\ell_1}{2R} = \frac{\ell_1}{2R} \text{ として}$$

$$h \left( b + \frac{\ell_1}{2} \sin \theta'_1 \right) = b \cdot \frac{\ell_1}{2} \cos \theta'_1$$

$$\text{但し、 } \theta'_1 = \frac{\theta_0 + \theta_1}{2}$$

同様に、

$$h \left( b - \frac{\ell_2}{2} \sin \theta'_2 \right) = b \cdot \frac{\ell_2}{2} \cos \theta'_2$$

$$\text{但し、 } \theta'_2 = \frac{\theta_0 + \theta_2}{2}$$

さらに、

$$\begin{aligned} & \sqrt{\ell_1^2 + \ell_2^2 - 2 \ell_1 \ell_2 \cos (\theta'_1 + \theta'_2)} \\ &= \sqrt{\ell_1^2 + h^2 - 2 \ell_1 h \cos \theta'_1} + \sqrt{\ell_2^2 + h^2 - 2 \ell_2 h \cos \theta'_2} \end{aligned}$$

から、 $a_1$  ,  $a_2$  を用いた式と同様に $\theta'_1$  と  $\theta'_2$  の関係が求まり、 $b$  ,  $\theta'_1$  と  $\theta'_2$  の三変数に対し、3つの式が成立し、 $b$  ,  $\theta'_1$  と  $\theta'_2$  を決定できる。し

たがって、上図A, B, Cの三点は円周上に位置することから、座標系u, vの減点をBとすると、円の方程式について下式が成立する。

【0031】

【数7】

$$(u - k_1)^2 + (v - k_2)^2 = R^2$$

$$\text{点B } (u=0, v=0) \text{ から } k_1^2 + k_2^2 = R^2 \quad \dots\dots (1)$$

$$\text{点A } (u = \ell_1 \cos(\frac{\pi}{2} - \theta'_1), v = \ell_1 \cos(\frac{\pi}{2} - \theta'_1)) \text{ から}$$

$$k_1 \cos(\frac{\pi}{2} - \theta'_1) + k_2 \sin(\frac{\pi}{2} - \theta'_1) = \frac{\ell_1}{2} \quad \dots\dots (2)$$

$$\text{点C } (u = -\ell_2 \cos(\frac{\pi}{2} - \theta'_2), v = -\ell_2 \cos(\frac{\pi}{2} - \theta'_2)) \text{ から}$$

$$k_1 \cos(\frac{\pi}{2} - \theta'_2) + k_2 \sin(\frac{\pi}{2} - \theta'_2) = \frac{\ell_2}{2} \quad \dots\dots (3)$$

となり、(2)、(3)式から  $k_1$ 、 $k_2$  が求まり、  
(1)式から  $R$  が求まり、さらに既に記した式から  $\theta_0$   
も求まる。したがって、実長  $l$  は以上の式を用い、 $h$  の

読取りから  $b$ 、 $R$ 、 $\theta_0$  を知り、

【0032】

【数8】

$$\ell = R(\theta_0 - \theta)$$

$$h(b + R(\cos \theta_0 - \cos \theta)) = b \cdot R(\sin \theta - \sin \theta_0)$$

から、 $l$  が求まる。次に、画像の連結方式を図6を用いて説明する。

【0033】図6のそれぞれの画面17、18は前記の手法で画像を変換されたものであるが、互いに共通する任意の3点の羽根面上のマーカ13位置をA、B、C点とし、例えばA、B間の距離  $a$ 、 $a'$  と、C点からAB線上までの距離を  $b$ 、 $b'$  としそれぞれ測定し、AB方向およびそれと直交方向に縮小、拡大し、両画面17、18のA、B、C点が重なるようにすることで、両画面の連結が行なわれる。以上のように、本実施例では、ランナ羽根面を円筒面に近似し、円筒面の表現式に従い画面上の寸法と実寸法の比率を求め、画面の任意位置における実寸法を求めることができる。勿論、本発明は円筒面に限らず算術式で表現できる三次元曲面形状であれば同様の考えに従い、画面上の寸法計測値から実寸法を知ることができる。

【0034】また、画面に写し込むスケールと欠陥指示模様を測定する位置基準との関連を予め知っていれば、欠陥位置を所望座標系で求めることができることは勿論である。

【0035】以上の本実施例によれば、水車ランナ上に発生した欠陥指示模様は、ビデオカメラ4により撮影された画像の記録・再生により、水車ランナ1上に現われた欠陥指示模様3を各種方向から観察することができ、これらのモニタテレビ6上に現われた欠陥指示模様のう

ち、記録観察上最も適当と思われる位置で任意の画面を抽出し、抽出された画面上で試験体の形状および欠陥位置をモニタテレビ画面上でライトペン14によって指示することができる。

【0036】これにより、欠陥の位置と試験体の形状との相対関係を記録でき、さらに欠陥の位置寸法を正確に測定するため、欠陥測定部にスケール12を配置し、画像に写し込むことで欠陥位置算出基準値として用いることができる。したがって、欠陥の位置寸法を算出するに当たり、試験体形状を円筒形状、平板等の比較的単純な形状にモデル化しておくことにより、前記スケールの縮尺換算が容易となる。また、試験体の探傷領域が大きく、1つの画面内に探傷領域を十分に包含し得ない場合には、画像の連結処理をすることによって、所定の領域全体の記録が作成可能となる。この場合には画像中に含まれる少なくとも3点のマーク点が連結を必要とする他の画像内にも含まれるように画像記録をとることにより、両画像を座標変換し、上記3点を完全に重ね合わせることで確実な画像連結を満足させることができる。

【0037】以上のようにして、目視観察される欠陥指示模様の位置、寸法分布状況を、ランナ設置現場でなく、ビデオカメラ記録を再生可能な場所で、容易に精度よく記録表示することが可能となる。

【0038】なお、前記実施例ではランナ羽根形状を円筒形状に部分近似しているが、ビデオカメラにより録画

された各種画面について同一欠陥の位置寸法を測定し、複数枚の画面結果を平均化することにより高精度な位置寸法算定が可能となる。

【0039】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、非破壊試験用の検査面が曲面をなす試験体に対し、検査員が直接的に検査部位に立入って記録する必要なく、遠隔的操作により容易かつ高能率で確実に欠陥指示模様の記録および再生が行える。すなわち、試験体の検査面の欠陥指示模様を、試験体表面上に配置されたスケールと一緒にカメラ映像として記録するので、従来のように個々の欠陥について寸法、位置をスケールで測定する必要がなく、また画像再生によって欠陥の位置寸法を求めることができる。したがって、検査のために試験体を占有する時間は大幅に短くなり、検査精度も向上する。なお、収録した複数の画面に互いに共通なマークまたは目印点を録画しておけば、画面の連結および平均化による検査精度の向上が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例による記録・再生方法を実施するための装置構成を示す図。

【図2】同実施例の試験体形状モデル化を示す図。

【図3】(A)、(B)は同実施例の画像収録による画像表示を説明する図。

【図4】ランナ軸方向の画像の傾き補正を説明する図。

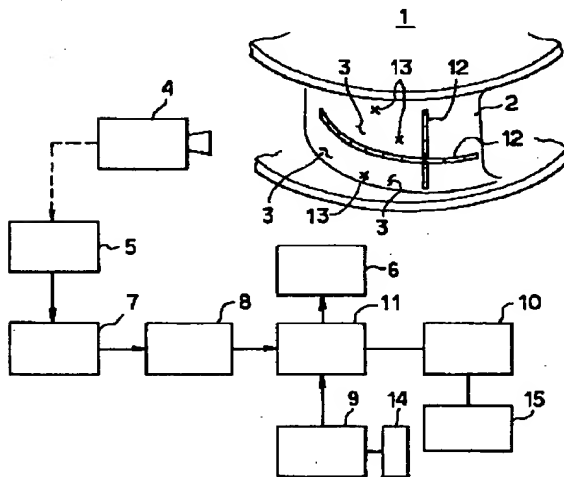
【図5】円筒曲面の画像の歪みの補正を説明する図。

【図6】画面の連結方法を説明する図。

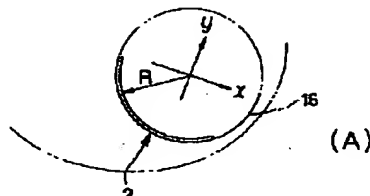
【符号の説明】

- 1 試験体（ランナ）
- 2 検査面（羽根）
- 3 欠陥指示模様
- 4 カメラ（ビデオカメラ）
- 5 ビデオテープレコーダ
- 6 モニタテレビ
- 9 カーソル作成器
- 10 コンピュータ
- 12 スケール

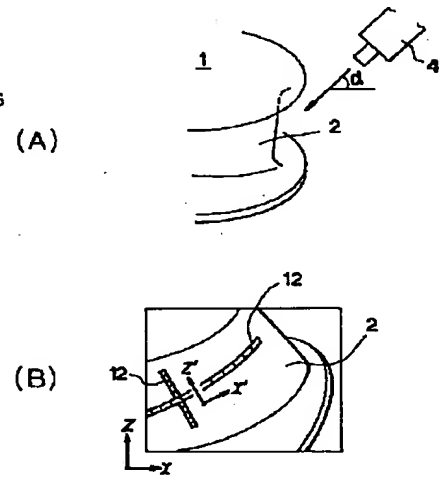
【図1】



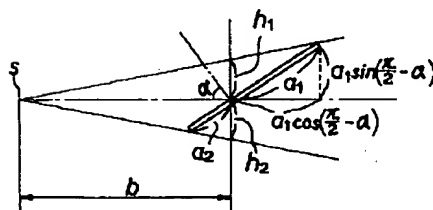
【図2】



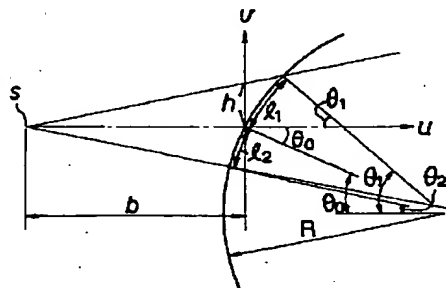
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

